

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.

DIALOG(R) File 351:Derwent WPI  
(c) 2004 Thomson Derwent. All rts. reserv.

010525140 \*\*Image available\*\*

WPI Acc No: 1996-022093/199603

XRPX Acc No: N96-018347

Magneto-optical recording medium for use with laser beam - has substrate with magnetic layer reproducing information, second layer storing information and intermediate layer with Curie temp. lower than two other layers

Patent Assignee: CANON KK (CANO )

Inventor: HIROKI T; NISHIMURA N; OKADA T

Number of Countries: 011 Number of Patents: 016

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
EP 686970	A2	19951213	EP 95303932	A	19950608	199603 B
AU 9521601	A	19951221	AU 9521601	A	19950609	199607
JP 7334877	A	19951222	JP 94128779	A	19940610	199609
JP 7334878	A	19951222	JP 94128780	A	19940610	199609
CA 2151452	A	19951211	CA 2151452	A	19950609	199615
JP 8055373	A	19960227	JP 94201980	A	19940826	199618
JP 8063809	A	19960308	JP 94201979	A	19940826	199620
JP 8102101	A	19960416	JP 94236209	A	19940930	199625
JP 8124230	A	19960517	JP 94258002	A	19941024	199630
EP 686970	A3	19960724	EP 95303932	A	19950608	199639
AU 680132	B	19970717	AU 9521601	A	19950609	199739
CN 1120719	A	19960417	CN 95108599	A	19950609	199745
CA 2151452	C	20000418	CA 2151452	A	19950609	200036
US 6125083	A	20000926	US 95487706	A	19950607	200051
			US 97982454	A	19971202	
KR 249444	B1	20000315	KR 9515317	A	19950610	200122
JP 3210178	B2	20010917	JP 94128779	A	19940610	200156

Priority Applications (No Type Date): JP 94258002 A 19941024; JP 94128778 A 19940610; JP 94128779 A 19940610; JP 94128780 A 19940610; JP 94201979 A 19940826; JP 94201980 A 19940826; JP 94236209 A 19940930

Cited Patents: No-SR.Pub; 3.Jnl.Ref; EP 498461; EP 536780; EP 583720; EP 586175; JP 4255946; JP 6124500

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
-----------	------	-----	----	----------	--------------

EP 686970	A2	E	125	G11B-011/10	
-----------	----	---	-----	-------------	--

Designated States (Regional): DE FR GB IT NL

AU 9521601	A			G11B-007/24	
JP 7334877	A		16	G11B-011/10	
JP 7334878	A		14	G11B-011/10	
CA 2151452	A			G11B-007/24	
JP 8055373	A		28	G11B-011/10	
JP 8063809	A		19	G11B-011/10	
JP 8102101	A		16	G11B-011/10	
JP 8124230	A		10	G11B-011/10	
EP 686970	A3			G11B-011/10	
AU 680132	B			G11B-007/24	Previous Publ. patent AU 9521601
CN 1120719	A			G11B-013/04	
CA 2151452	C	E		G11B-007/24	
US 6125083	A			G11B-011/00	Cont of application US 95487706
KR 249444	B1			G11B-011/10	
JP 3210178	B2		16	G11B-011/105	Previous Publ. patent JP 7334877

Abstract (Basic): EP 686970 A

The magneto-optical recording medium comprises a substrate and a first magnetic layer (11) laminated on the substrate for reproducing

information. A second magnetic layer (13) is laminated on the first for storing information. A third magnetic layer (12) located between the first and second layers has a Curie temperature lower than that of the two other layers.

The direction of magnetisation of a region of the first magnetic layer is adjacent to a region of the third magnetic layer where a temperature is equal to or higher than the Curie temperature of the third layer. The first layer is oriented in a direction of magnetisation around the region of the first magnetisation layer. The first layer has a compensation temperature between room temperature and its Curie temperature.

ADVANTAGE - Can reproduce recorded mark equal to or smaller than diffraction limit of light in high signal equality with simple structure which does not require either initialising magnetic field or reproducing magnetic field upon reproduction.

Dwg. 4, 5B/6

7

Title Terms: MAGNETO-OPTICAL; RECORD; MEDIUM; LASER; BEAM; SUBSTRATE;  
MAGNETIC; LAYER; REPRODUCE; INFORMATION; SECOND; LAYER; STORAGE;  
INFORMATION; INTERMEDIATE; LAYER; CURIE; TEMPERATURE; LOWER; TWO; LAYER  
Derwent Class: T03; V02; W04  
International Patent Class (Main): G11B-007/24; G11B-011/00; G11B-011/10;  
G11B-011/105; G11B-013/04  
International Patent Class (Additional): G11B-013/04  
File Segment: EPI  
Manual Codes (EPI/S-X): T03-D01A5A; T03-D01A5C; T03-D01E; V02-B01; W04-D;  
W04-D01A

特開平7-334877

(43)公開日 平成7年(1995)12月22日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 1 1 B 11/10	5 0 6 A	9075-5D		
	K	9075-5D		
	U	9075-5D		
	5 0 1 A	9075-5D		
	5 8 6 C	9296-5D		

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 16 頁)

(21)出願番号 特願平6-128779  
 (22)出願日 平成6年(1994)6月10日

(71)出願人 000001007  
 キヤノン株式会社  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号  
 (72)発明者 廣木 知之  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノ  
 ン株式会社内  
 (72)発明者 西村 直樹  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノ  
 ン株式会社内  
 (72)発明者 岡田 健  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノ  
 ン株式会社内  
 (74)代理人 弁理士 丸島 徹一

(54)【発明の名称】 光磁気記録媒体及び該媒体の情報再生方法

## (57)【要約】

【目的】 簡易な構成で、光の回折限界以下の記録マークを、高い信号品質で再生可能な光磁気記録媒体及び情報再生方法の提供。

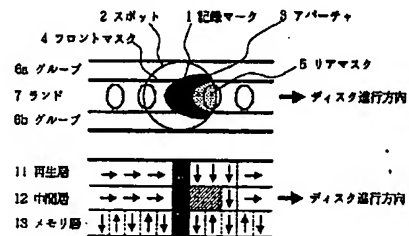
【構成】 室温で面内磁化膜で、GdFeCoを主体として構成され、以下を満足する第一磁性層と、

$Gd_x (Fe_{100-x}Co_x)_{100-y}$ ,  $24 \leq x \leq 32$ ,  
 $20 \leq y \leq 50$

第一磁性層、第二磁性層よりキュリー温度が低い、GdFeCoを主体として構成され、以下を満足する第三磁性層と、

$Gd_p (Fe_{100-p}Co_q)_{100-q}$ ,  $25 \leq p \leq 50$ ,  
 $0 \leq q \leq 20$

希土類-鉄族元素非晶質合金からなる垂直磁化膜で、第一磁性層よりキュリー温度が低い第二磁性層とを、その順で基板上に積層してなる光磁気記録媒体及び該媒体を用いた情報再生方法。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも第一の磁性層と第三の磁性層と第二の磁性層とを、上記の順に基板上に積層して成る光磁気記録媒体において、

前記第一の磁性層と第三の磁性層は室温で面内磁化膜であり、

前記第一の磁性層はGdFeCoを主体として構成され、以下を満足する

$Gd_{1-x-y}(Fe_{1-x-y}Co_x)_{1-y}$ 、 $24 \leq x \leq 32$  (原子%)、 $20 \leq y \leq 50$  (原子%)、

前記第三の磁性層はGdFeCoを主体として構成され、以下を満足する

$Gd_p(Fe_{1-p-q}Co_q)_{1-p}$ 、 $25 \leq p \leq 50$  (原子%)、 $0 \leq q \leq 20$  (原子%)、

前記第二の磁性層は希土類-鉄族元素非晶質合金からなる垂直磁化膜で、該第二の磁性層のキュリー温度は前記第一の磁性層のキュリー温度よりも低く前記第三の磁性層のキュリー温度よりも高いことを特徴とする光磁気記録媒体。

【請求項2】 請求項1において、

前記第一、第二、第三の磁性層は、室温と第三磁性層のキュリー温度の間の温度で交換結合すると共に前記第一の磁性層の磁化は、前記第三の磁性層のキュリー温度以下では一方向に揃えられる。

【請求項3】 請求項1において、

前記第二の磁性層はTbFeCoを主体として構成され、以下を満足する

$Tb_{1-a-b}(Fe_{1-a-b}Co_b)_{1-a}$ 、 $14 \leq a \leq 33$  (原子%)、 $14 \leq b \leq 45$  (原子%)、

【請求項4】 請求項1において、

前記第二の磁性層はDyFeCoを主体として構成されている。

【請求項5】 請求項1において、

前記第一の磁性層は補償温度を有し、前記補償温度は前記第三の磁性層のキュリー温度近傍にある。

【請求項6】 少なくとも第一の磁性層と第三の磁性層と第二の磁性層とを、上記の順に基板上に積層して成る光磁気記録媒体であって、

前記第一の磁性層と第三の磁性層は室温で面内磁化膜であり、

前記第一の磁性層はGdFeCoを主体として構成され、以下を満足する

$Gd_{1-x-y}(Fe_{1-x-y}Co_x)_{1-y}$ 、 $24 \leq x \leq 32$  (原子%)、 $20 \leq y \leq 50$  (原子%)、

前記第三の磁性層はGdFeCoを主体として構成され、以下を満足する

$Gd_p(Fe_{1-p-q}Co_q)_{1-p}$ 、 $25 \leq p \leq 50$  (原子%)、 $0 \leq q \leq 20$  (原子%)、

前記第二の磁性層は希土類-鉄族元素非晶質合金からなる垂直磁化膜で、情報が蓄積されると共に前記第二の磁

2

性層のキュリー温度は前記第一の磁性層のキュリー温度よりも低く前記第三の磁性層のキュリー温度よりも高い光磁気記録媒体に光ビームを用いて記録された情報を再生する情報再生方法において、

前記第一の磁性層側から光ビームを照射し、前記光ビームのスポット内の低温部分における前記第一の磁性層を面内磁化膜のままとし、前記スポット内の低温部分以外の部分で前記第一の磁性層を垂直磁化膜として前記第二の磁性層と交換結合させ、前記第一の磁性層に前記第二の磁性層に蓄積された情報を転写し、前記光ビームの反射光を検出することにより前記第二の磁性層に蓄積された情報の再生を行うことを特徴とする情報再生方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、光ビームを用いて光学的に情報の記録及び再生を行う光磁気記録媒体及び該媒体の情報再生方法に関し、特に媒体の高密度化を可能とする光磁気記録媒体及び該媒体の情報再生方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 書き換え可能な高密度記録方式として、半導体レーザーの熱エネルギーを用いて、磁性薄膜に磁区を書き込んで情報を記録し、磁気光学効果を用いて、この情報を読み出す光磁気記録媒体が注目されている。又、近年、この光磁気記録媒体の記録密度を高めて更に大容量の記録媒体とする要求が高まっている。この光磁気記録媒体等の光ディスクの記録密度は、再生光学系のレーザー波長、対物レンズの開口数NAに大きく依存する。すなわち、再生光波長と対物レンズの開口数が決まるとビームウエストの径が決まるため、最短マーク長は $\lambda/2NA$ 程度が再生可能な限界となってしまう。一方トラック密度は、主として隣接トラック間のクロストークによって制限され、最短マーク長と同様に再生ビームのスポット径に依存している。したがって、従来の光ディスクで高密度化を実現するためには、再生光学系のレーザー波長を短くするか、対物レンズの開口数NAを大きくする必要がある。しかしながら、レーザーの波長を短くするのは素子の効率、発熱などの問題で容易ではなく、又、対物レンズの開口数を大きくするとレンズの加工が困難になるだけでなく、レンズとディスクの距離が近づき過ぎてディスクと衝突する等の機械的問題が発生する。このため、記録媒体の構成や読み取り方法を工夫し、記録密度を改善する技術が開発されている。例えば、特開平6-124500号公報に開示された光磁気記録媒体では、再生光の光学的な分解能以上の記録密度を実現する超解像技術として、図19に示すような媒体構成が提案されている。図19(a)は、超解像技術の一例である光ディスクの断面図を示している。基板20は通常ガラスあるいはポリカーボネートの様な透明な材料であり、あらかじめ同心円状又はらせん状の溝（グループ6）がついて

おりガイドトラックを形成している。記録情報はランドおよび/またはグループに沿って記録する。基板20上に干渉層43、第一の磁性層（以下再生層と称する）41、第二の磁性層（以下メモリ層と称する）42、保護層44の順に積層する。干渉層43はカー効果を高めるため、保護層44は磁性層の保護のために用いられるものである。磁性層中の矢印は、膜中の鉄族元素副格子磁化の向きを表す。メモリ層42は例えば $\text{ThFeCo}$ や $\text{DyFeCo}$ などの垂直磁気異方性の大きい膜で、記録情報はこの層の磁化が膜面に対して上向きか下向きかによって磁区を形成し、保持される。再生層41は飽和磁化 $M_s$ が大きく垂直磁気異方性が小さい材料で希土類元素副格子磁化優勢な組成で構成されている。図20に再生層41の静特性の一例を示す。室温では面内磁化膜だが温度の上昇と共に飽和磁化 $M_s$ は次第に減少していき、所定温度に達すると垂直磁気異方性 $K_u$ と $2\pi M_s^2$ の大小関係が逆転するために垂直磁化膜となる。図20は再生層単体での静特性を示したが、メモリ層42と積層した場合にはメモリ層42との交換結合力が働くためにより低い温度 $T_{lh}$ で垂直磁化膜となり、又垂直磁化膜となるときの再生層41の磁化の向きはメモリ層42と交換結合した向きとなる。このような媒体構成のディスクに基板20側から情報再生用の光を照射すると、データトラック中心での温度勾配は図19(c)に示すようになり、これを基板20側から見ると、図19(b)の様にスポット内に $T_{lh}$ の等温線が存在することになる。すると、先述のように $T_{lh}$ 以下の部分では再生層41は面内磁化膜となるため極力カー効果には寄与せず（フロントマスク4を形成する）、メモリ層42に保持された記録磁区はマスクされて見えなくなる。一方 $T_{lh}$ 以上の部分は再生層41が垂直磁化膜になり、且つ磁化の向きはメモリ層42からの交換結合により記録情報と同じ向きとなる。結果として、スポット2の大きさに比べて小さいアパーチャ3の部分だけにメモリ層42の記録磁区が転写されるので、超解像が実現する。又、特開平3-93058号公報及び特開平4-255946号公報に開示された超解像再生方法では、図21に示すように再生層31、第三の磁性層（以下中間層と称する）32とメモリ層33からなる媒体を用いる。情報再生に先立って初期化磁界21により再生層31の磁化の向きを一方に揃えてメモリ層33の磁区情報をマスクした後、光スポット2を照射し、その際に生じる媒体の温度分布のうち、低温領域では再生層31に初期化状態を維持させ（フロントマスク4を形成する）、中間層32のキュリー温度 $T_{c2}$ 以上の高温領域では再生層31を再生磁界22の方向に強制的に配向させ（リアマスク5を形成する）、中温領域のみでメモリ層33の磁区情報が転写されるようにして再生スポットの実効的な大きさを小さくすることにより、光の回折限界以下の記録マーク1を再生可能とし、線密度の向上を図っている。

【0003】これらの公知の超解像方式では、低温領域でのフロントマスク4が隣接するトラックの方向にのび

ているために、線記録密度と同時にトラック密度の向上をも試みている。

【0004】

【発明が解決しようとしている課題】しかしながら、特開平6-124500号公報に開示された超解像再生方法ではフロントマスク4のみを用いるために、解像度を上げるためにマスクの領域を広げるとアパーチャ3の位置がスポット中心から外れてしまつて信号品質が犠牲になるという問題があった。又、特開平3-93058号公報及び特開平4-255946号公報に開示された方法では、信号品質を落とさずに解像度を上げられる反面、情報再生に先立って再生層31の磁化を一方に揃えなければならず、そのための初期化磁石21を従来の装置に追加することが必要となる。

【0005】以上のように、従来の超解像再生方法は、解像力が十分上げられなかったり、光磁気記録再生装置が複雑化し、コストが高くなる、小型化が難しい等の問題点を有している。

【0006】本発明は、このような問題点の解決を図るものとして、再生時に初期化磁界及び再生磁界を必要としない簡易な構成で、光の回折限界以下の記録マークを、高い信号品質で再生可能な光磁気記録媒体及び該媒体を用いた光学的情報再生方法の提供を目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段（及び作用）】本発明の前記目的は、少なくとも第一の磁性層と第三の磁性層と第二の磁性層とを、上記の順に基板上に積層して成る光磁気記録媒体に於いて、前記第一の磁性層と第三の磁性層は室温で面内磁化膜であり、前記第一の磁性層は $\text{GdFeCo}$ を主体として構成され、以下を満足する

$\text{Gd}_x(\text{Fe}_{100-x}\text{Co}_y)_{100-y}$ 、 $24 \leq x \leq 32$ （原子%）、 $20 \leq y \leq 50$ （原子%）、

前記第三の磁性層は $\text{GdFeCo}$ を主体として構成され、以下を満足する

$\text{Gd}_x(\text{Fe}_{100-x}\text{Co}_y)_{100-y}$ 、 $25 \leq x \leq 50$ （原子%）、 $0 \leq y \leq 20$ （原子%）、

前記第二の磁性層は希土類-鉄族元素非晶質合金からなる垂直磁化膜で、該第二の磁性層のキュリー温度は前記第一の磁性層のキュリー温度よりも低く前記第三の磁性層のキュリー温度よりも高くすることによって達成される。

【0008】又、少なくとも第一の磁性層と第三の磁性層と第二の磁性層とを、上記の順に基板上に積層して成る光磁気記録媒体であつて、前記第一の磁性層と第三の磁性層は室温で面内磁化膜であり、前記第一の磁性層は $\text{GdFeCo}$ を主体として構成され、以下を満足する

$\text{Gd}_x(\text{Fe}_{100-x}\text{Co}_y)_{100-y}$ 、 $24 \leq x \leq 32$ （原子%）、 $20 \leq y \leq 50$ （原子%）、

前記第三の磁性層は $\text{GdFeCo}$ を主体として構成され、以下を満足する

Gd, (Fe, Co, Ni, Cu), 25 ≤ p ≤ 50 (原子%), 0 ≤ q ≤ 20 (原子%)、

前記第二の磁性層は希土類-鉄族元素非晶質合金からなる垂直磁化膜で、情報が蓄積されると共に前記第二の磁性層のキュリー温度は前記第一の磁性層のキュリー温度よりも低く前記第三の磁性層のキュリー温度よりも高い光磁気記録媒体に光ビームを用いて記録された情報を再生する情報再生方法において、前記第一の磁性層側から光ビームを照射し、前記光ビームのスポット内の低温部分における前記第一の磁性層を面内磁化膜のままとし、前記スポット内の低温部分以外の部分で前記第一の磁性層を垂直磁化膜として前記第二の磁性層と交換結合させ、前記第一の磁性層に前記第二の磁性層に蓄積された情報を転写し、前記光ビームの反射光を検出することにより前記第二の磁性層に蓄積された情報の再生を行うことにより達成される。

【0009】

【実施例】以下、本発明の実施例について図面を用いて詳細に説明する。

【0010】図1は本実施例における光ディスクの断面図を示す。図1に示すように、本実施例に用いる光ディスクでは、基板20上に干渉層14、第一の磁性層（以下再生層と称する）11、第三の磁性層（以下中間層と称する）12、第二の磁性層（以下メモリ層と称する）13、保護層15の順に積層している。基板20は通常ガラスあるいはポリカーボネートの様な透明な材料が使われる。

【0011】これらの各層は、マグネトロンスパッタ装置による連続スパッタリング、あるいは連続蒸着などによって被着形成できる。

【0012】干渉層14は磁気光学効果を高めるために設けられ、例えばSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、AlN、SiO<sub>2</sub>、SiO、ZnS、MgF<sub>2</sub>などの透明な誘電体材料が用いられる。

【0013】保護層15は磁性層の保護のために用いられるもので、干渉層14と同様の材料が用いられる。

【0014】干渉層14及び保護層15は本発明の本質とは無関係であるので、構成上省略しても差し支えなく、又、ここでは詳細な説明は省略する。又、図1には示していないが、膜の保護、あるいは磁界変動オーバーライト用磁界ヘッドを用いるために、保護層15にさらに紫外線硬化樹脂などのハードコート材を塗布しても良い。

【0015】再生層11は、メモリ層13に保持した磁化情報の再生を担う層で室温においては面内磁化膜で、室温とキュリー温度の間の所定温度以上で垂直磁化膜となる磁化特性を備える。又、再生層11は、中間層12、メモリ層13に比べて光の入射に近い側に位置し、再生時にカーン転角が劣化しないようにキュリー温度は少なくとも中間層12、メモリ層13より高い。再生層11は希土類-鉄族元素非晶質合金で垂直磁気異方性が小さいもの、具体的にはGdFeCoが望ましい。また、これに短波長でのカーン転角を大きくするためにNd、Pr、Smなどの軽希土類金属を

添加してもよい。好ましくは、室温とキュリー温度の間に補償温度があるものが望ましい。尚、この補償温度は後述する中間層12のキュリー温度近傍、即ち、中間層12のキュリー温度を基準として-50℃～+100℃、より望ましくは-20℃～+80℃の範囲に設定される。

【0016】中間層12の設けられる目的は、以下の3つである。

【0017】(1) 室温付近において、再生層11とメモリ層13の間の磁壁エネルギーを緩和し、再生層11が面内磁化膜となるのを助ける。これは結果として再生層の膜厚低減にも寄与する。

【0018】(2) 所定温度以上に達すると再生層11とともに垂直磁化膜に遷移し、メモリ層13から再生層11への交換結合を媒介する。

【0019】(3) 中間層12のキュリー温度以上では、再生層11とメモリ層13の間の交換結合を切断する。

【0020】これらの目的を達成するために、中間層12は再生層11とメモリ層13の間に位置し、キュリー温度を室温より高く、再生層11及びメモリ層13のキュリー温度より低くする。中間層12のキュリー温度は、再生時の光スポット内の中温部で再生層11にメモリ層13からの交換結合力を媒介できる程度に大きく、最高温度部で交換結合力を切断できる程度に小さく、具体的には100℃以上で220℃以下が良く、より望ましくは120℃以上で180℃以下が良い。中間層12の材料としては、例えば希土類-鉄族非晶質合金、具体的にはGdFeCoが良い。又キュリー温度を低減するためにCr、Al、Si、Cuなどの非磁性元素を添加しても良い。

【0021】メモリ層13は記録情報を保持する層で、10mT以下の微小な磁区を安定に保持できることが必要である。メモリ層13の材料としては、垂直磁気異方性が大きく安定に磁化状態が保持できるもの、例えばTbFeCo、DyFeCo、TbDyFeCoなどの希土類-鉄族非晶質合金、ガーネット、あるいは、白金族-鉄族周期構造膜、例えばPt/Cu、Pd/Cu、また白金族-鉄族合金、例えばPtCo、PdCoなどであっても良い。

【0022】再生層11と中間層12とメモリ層13には、Al、Ti、Pt、Nb、Crなどの耐食性改善のための元素添加を行なっても良い。また、熱伝導性改良のためAl、AlTa、AlTi、AlCr、Cuなどの熱伝導性の良い層を設けても良い。また、光変調オーバーライトを行なうために磁化を一方に揃えた初期化層、交換結合力または静磁結合力を調節するための記録補助、再生補助のための補助層を設けても良い。

【0023】本発明の光ディスクへのデータ信号の記録は、媒体を移動させると同時に、一定方向の磁界を印加しながらレーザパワーを変調して行う（光変調記録）か、もしくはメモリ層13がキュリー温度Tc3前後になるような一定のパワーのレーザ光を照射しながら外部磁界を変調して行う（磁界変調記録）。前者の場合、光スボ

7  
ット内の所定領域のみがTc3 になるようにレーザ光の強度を調整すれば、光スポット径より小さい記録磁区が形成でき、その結果光の回折限界以下の周期の信号を記録する事が出来る。また後者の場合は磁界の変調周波数を光スポットと媒体との相対速度（線速）に比較して高周波にすることで、小さい記録磁区が形成できる。

【0024】また、後述のメカニズムから明らかなように、本発明の超解像が安定して機能するためには、記録マークの周囲の磁化がマークと逆の方向を向いている必要がある。もっとも一般的な光変調記録では、まず一定の磁界を印加した状態でレーザパワーをハイパワーで一定とし、記録しようとするトラックの磁化を初期化（消去動作）し、その後磁界の向きを反転した状態でレーザパワーを強度変調して所望の記録マークを形成する。その時、記録マークの周囲に磁化の向きがランダムな部分があると、再生の際ノイズの原因となるため、再生信号品質を上げるためには記録マークよりも広い幅で消去しておくことが一般に行われている。したがって、記録された磁区の周囲の磁化は必ず磁区と逆を向いていること  
20 になるため、本発明の超解像は従来の光変調記録のもとでは安定に動作する。

【0025】また、光変調記録のもう一つの方法として、光変調オーバーライトがある。これは、特開昭62-175948 に記載されているような構成の媒体を用いるもので、記録に先立つ消去動作を必要としないものである。この媒体は記録情報を保持するメモリ層の他に、記録に先立つ磁化が一方向に向けられている書き込み層を備えている。この媒体に記録を行う場合には、書き込み層とは逆向きの一定の磁界を印加しながら記録情報に応じたレーザ強度をPh.PI (Ph)PI )の間で変調する。媒体がPhに相当する温度Thまで昇温すると、Thは書き込み層のTcとほぼ等しく設定されているので、メモリ層と書き込み層の磁化は外部磁界の方向を向いて磁区を形成し、媒体がPI相当の温度TIまでしか昇温しないとメモリ層の磁化の向きは書き込み層と同じ向きとなる。このプロセスはあらかじめ記録されていた磁区とは無関係に起こる。ここで、媒体にPhのレーザを照射した時を考えると、記録磁区を形成する部分はThに昇温しているが、この時の温度分布は2次的に広がった形となっているので、レーザをPhまで上げたとしても磁区の周囲には必ず  
40 TIまでしか昇温しない部分が生じる。したがって記録磁区の周囲には反対向きの磁化を持った部分が存在することになる。すなわち、本発明の超解像は従来の光変調オーバーライト記録のもとでも安定に動作する。

【0026】さらに別の記録方法として前述の磁界変調記録が挙げられる。これは、レーザをハイパワーでDC照射しながら外部磁界の向きを交替状に変化させるものであるが、前に記録されていた磁区の履歴を残さず新たな情報を記録するためには、磁区を形成する幅は常に一定にしなければならない。したがって、この場合は何ら  
50

8  
かの処置を施さなければ記録磁区の周囲に磁化の向きがランダムな領域が存在してしまい、本発明の超解像は安定に動作しないことになる。したがって、磁界変調記録を行う場合には、媒体の出荷時あるいは一回目の記録に先立って、通常の記録パワーよりも大きいパワーで記録領域に対して初期化動作を行っておくか、ランド、グルーブの両方に対して全面的に磁化の初期化を行う必要がある。

【0027】図2は本発明の光ディスクにレーザ光を照射しながら、向かって右にディスクが移動したときのスポットの様子及び各磁性層の磁化状態を示している。この時ディスクはおよそ90/s程度で移動しており、レーザ照射による熱の蓄積があるために、誤温度が最大となる位置はレーザスポットの中心よりも後ろ側になる。

【0028】まず、スポット2の進行方向に対して前縁側では、媒体の温度は室温からそれほど上がっていない。再生層11と中間層12の飽和磁化Msの温度依存性は例えば図3、図4に示すようになっており、スポット中の低温領域でどちらの層も飽和磁化Msが大きく垂直磁気異方性Kuが小さい。この時、再生層11の垂直磁気異方性Ku1、飽和磁化Ms1、中間層12を介してメモリ層13からの交換結合力によって再生層11の磁化を垂直方向に向けるエネルギーをEvl3とすると、

$$(数1) 2\pi Ms^1 > Ku + Ew13$$

が成り立つ場合には、再生層11の磁化は膜面内を向くことになる。特に、中間層12の飽和磁化は再生層11よりもさらに大きく面内異方性が強いので、垂直磁化膜であるメモリ層13と面内磁化膜である再生層11の間の界面磁壁エネルギーを中間層12で吸収する作用がある。したがって中間層12を入れることにより、中間層12がない場合に比べて、再生層11の膜厚を薄くした場合でも磁化の向きが膜面内になり、メモリ層13の磁化は転写されずにフロントマスク4を形成する。

【0029】次に、スポット2の照射により媒体温度が下がってくると、再生層11、中間層12の飽和磁化Msは次第に小さくなっていく。特に本発明の場合、再生層11の補償温度と中間層12のキュリー温度が共に200℃前後と近い値になっているので、媒体の昇温に従ってどちらとも急激に飽和磁化が下がる。そこで、媒体が所定温度Tthに到達し、

$$(数2) 2\pi Ms^1 < Ku + Ew13$$

になると、再生層11は垂直磁化膜となると同時にメモリ層13と交換結合するので、メモリ層13に保持された磁区が再生層11に転写されてアバーチャ3を形成する。さらに温度が上がって中間層12のキュリー温度Tc2よりも高くなると、再生層11とメモリ層13との間の交換結合力がなくなる。この温度で再生層11は希土類元素副格子磁化優勢であり、メモリ層13が鉄族元素副格子磁化優勢になるようにあらかじめ組成を調整しておく（すなわちアンチパラレル）。すると、Tc2以下の温度で再生層11に転



写されていた磁区は、磁区を保持していたメモリ層13からの交換結合力がなくなると同時に、メモリ層13からの静磁結合力が逆の方向に加わることになる。また再生層11も補償温度に近いために再生層11自身の反磁界の影響も少ないので、メモリ層13から転写されていた再生層11の磁区はプロット磁壁エネルギーに抗じきれずに収縮して反転してしまう。すなわち、スポット2内において中間層12のキュリー温度 $T_c2$ 以上に昇温した部分では、再生層に磁区が存在できずに同一方向に揃ってしまう領域が生じる。この部分がすなわちリマスク5である。このリマスクの形成過程は、各磁性層間の相互作用に関するエネルギーのバランス変化から生じるものなので、特に再生用に外部磁界を加えずともマスクが形成される。

【0030】このアパーチャ部からリマスクに移る過程で、再生層11に転写された磁区の振る舞いについてさらに詳細に述べる。

【0031】図5には、メモリ層13から転写された再生層11の記録磁区（以下、単に記録磁区と称する）が、光スポットが移動する際に高温領域で収縮する過程を示し、20

$$(数3) \quad |Hwb - Hd| < Hc1 + Hw1 \quad (T < Th - mask)$$

再生層11の保磁力 $Hc1$ は、メモリ層13からの交換結合力によって、見かけ上大きくなるため、容易に(数3)は成立し、安定的にメモリ層13の磁化情報を転写して正確に記録情報を再生することが可能となる。

【0034】 $Hw1$ は、再生層11とメモリ層13の界面磁壁エネルギーを $\sigma w1$ 、再生層11の記録磁区1の飽和磁化を $Ms1$ 、再生層の膜厚を $h1$ とすると(数4)で表されるが、さらに光スポット

$$(数4) \quad |Hwb - Hd| > Hc1 + Hw1 \quad (T > Th - mask)$$

$Hwb$ は再生層11のプロット磁壁エネルギーを $\sigma wb$ 、再生層11の記録磁区1の半径を $r$ とすると(数6)で表され、記録磁区1を収縮させる方向に働く(図6)。

$$(数6) \quad Hwb = \sigma wb / 2 Ms1 r \quad *$$

$$(数7) \quad Hwb - Hd > Hc1 + Hw1 \quad (T > Th - mask)$$

こうして、図5(b)に示すように記録磁区1は高温領域5にはいると収縮して反転し、最終的に図5(c)に示すように、磁化はすべて消去方向に配向する。

【0038】即ち、図2に示すように、光スポット2内の高温領域5においては、再生層11は常に消去方向に配向した垂直磁化膜となるので、光学的なマスク（リマスク5）として機能する。よって図2に示したように光スポット2は、見かけ上、高温領域5および低温の面内磁化膜の領域（フロントマスク）を除いた狭い領域に絞られることとなり、それ以外の領域では、アパーチャ領域3となり、検出限界以下の周期の記録磁区（記録マーク）が検出可能となる。

【0039】なお、従来の超解像方法は、特開平4-255947に記載されているように外部磁界 $Hr$ を用いて(数8)の関係によってマスクを形成する。

\*た平面図と断面図である。簡便のため図5では1つの記録磁区の収縮過程を図示している。また、図5では磁性材料に希土類鉄族フェリ磁性体を想定しており、白抜き矢印30は全体の磁化を、黒矢印31は鉄族副格子磁化を示し、再生層11はシリチの磁性層、メモリ層13はシリチの磁性層を例として記載した。媒体の温度分布は熱伝導度に限界があるため、光スポット中心から光スポットの移動と反対方向にずれる。

【0032】図5(a)は、記録磁区1がアパーチャ領域にある状態を示している。この記録磁区1には、メモリ層13からの交換結合力による実効的磁界 $Hw1$ 以外に、プロット磁壁エネルギーによる実効的磁界 $Hwb$ 、媒体内部からの静磁界 $Hd$ が印加されている。 $Hw1$ は再生層の記録磁区1を安定に保持するように働くが、 $Hwb$ 、 $Hd$ は記録磁区を広げたり収縮させる方向に力が働く。よって再生層11が安定的にメモリ層13の磁化を転写するためには、記録磁区1が高温領域5に達するまでに、(数3)の条件が必要である。

【0033】

$$* (数4) \quad Hw1 = \sigma w1 / 2 Ms1 h1$$

が移動して高温領域5に入ると、 $Hw1$ は中間層12のキュリー温度付近に到達して $\sigma w1$ は急激に小さくなり $Hw1$ は減少する。よって再生層11が本来の保磁力の小さい状態に戻って(数5)となり、記録磁区1のプロット磁壁8は容易に移動するようになる。

【0035】

★よって $Hwb - Hd$ がE（符号が+）に優勢となって(数7)となれば、記録磁区1は収縮する。

【0037】

$$[0040] (数8) \quad Hr > Hc1 + Hw1$$

本発明では外部磁界 $Hr$ の代わりに媒体内部の実効的磁界 $Hw - Hd$ の大きさを変化させることによってマスクを形成するため外部磁界が不要となる。

【0041】次に、高温で実効的磁界 $Hw - Hd$ を正に優勢とさせる、即ち、記録磁区1を収縮させる方法についてさらに具体的に述べる。(数7)の $Hd$ は周囲の消去磁化からの漏洩磁界 $Hleak$ 、メモリ層13の磁化からの静磁界 $Hst$ などからなり(数9)で表される。

$$[0042] (数9) \quad Hd = Hleak + Hst$$

このうち $Hleak$ は図6で示すように記録磁区1を拡大させる方向に働く。

【0043】高温領域で記録磁区1をより容易に収縮させる第1の方法は、 $Hleak$ を小さくして記録磁区1の反転を妨げる磁界を減少させる方法である。 $Hleak$

kは消失させる記録磁区周辺の再生層11の飽和磁化を $M_{s1}$ 、記録磁区1の半径を $r$ とするとおおよかに(数\*

\*10)で表される。

【0044】

(数10)  $H_{leak} = 4\pi M_{s1} \cdot h_1 / (h_1 + 3/2r)$

(数10)のうち記録磁区半径 $r$ と再生層膜厚 $h_1$ は、容易には変更できないので $M_{s1}$ を小さくすることが必要となる。このような場合、再生層に室温とキュリー温度の間に補償温度のある材料を選択すればよい。補償温度では磁化が小さくなるので、 $H_{leak}$ を小さくすることができる。

【0045】例として再生層11にGdFeCoを用いた場合について述べる。図8(a)~(c)は、それぞれ補償温度の異なるGdFeCoの $M_s$ の温度依存性であるが、再生時の媒体上の最高温度は再生パワーによって異なるが一般的に図に示した最高温度はおおよそ160~220℃に達し、中温領域はそれより20~60℃程度低い領域であるので図8(b)、図8(c)のような場合には $M_{s1}$ は大きい。このため、 $H_{leak}$ は大きくなってしまふ。図8(a)のように補償温度が室温とキュリー温度の間にある組成を再生層11に用いると、中温および高温領域の $M_s$ が低減して $H_d$ を減少させることができる。GdFeCoを再生層11に用いた場合、補償温度は図8のように特に希土類元素(Gd)の組成に強く依存するので、主にGdFeCoを含む磁性層を再生層11に用いた場合、Gd量を25~35at%に設定するのが望ましい。

【0046】第2の方法は、メモリ層13からの静磁界 $H_{st}$ を食いに大きくして記録磁区1の反転を促す方法である。(数7)のうち $H_{st}$ は、交換結合領域から高温領域に入った時点で再生層11とメモリ層13がパラレルタイプかアンチパラレルタイプかによって記録磁区1が収縮する方向に働くかそのまま保たれるように働くかが決まる。これは以下の理由による。

【0047】図7に示したように交換結合力は交換力の強いTM副格子磁化の向きにならず、静磁結合力は全体の磁化の向きにならう。図7(a)は再生層11がREリッチでメモリ層13がTMリッチであるアンチパラレルタイプを示しているが、この場合、中間層12がキュリー温度付近に達して交換結合が切断するとメモリ層13との静磁結合力によって記録磁区1は磁化反転しようとする( $H_{st}$ は負となる)。逆に図7(b)に示したようにパラレルタイプ(図では両層ともTMリッチの場合を示している)の場合には静磁結合力は交換結合状態を維持する方向に働く( $H_{st}$ は正となる)。よって記録磁区1を反転させるためには、アンチパラレルタイプの構成にすることが望ましい。

【0048】具体的には、例えば再生層11とメモリ層13をフェリ磁性として、優勢な副格子磁化の種類を互いに逆にすれば良い。例えば再生層11及びメモリ層13を希土類(RE)鉄族(TM)元素合金から構成し、再生層11が希土類元素副格子磁化優勢(REリッチ)な磁性層

で、メモリ層13が室温で鉄族元素副格子磁化優勢(TMリッチ)の構成とする。尚このアンチパラレルの構成は少なくとも記録磁区1が収縮する時点の温度(上述の中温~高温領域5において)で達成されることが必要である。

【0049】また、 $H_{st}$ の値は、円筒形磁区を想定し記録磁区1の半径、メモリ層13の磁区からの距離、メモリ層の磁化 $M_{s2}$ を用いて大まかに、計算することができる(名古屋大学博士論文、1993.3月、"希土類-鉄族非晶質合金薄膜及びその複合膜の磁性と磁気光学効果に関する研究"小林正のP40~41参照)。 $H_{st}$ は、メモリ層の飽和磁化 $M_{s2}$ に比例する(数11)。

【0050】(数11)  $H_{st} \propto M_{s2}$   
そのため、 $M_{s2}$ は記録情報の安定性が悪化しない程度、消去磁化が反転しない程度に大きくするのが望ましい。

【0051】また上述のメモリ層13からの静磁界 $H_{st}$ は、消去方向の磁化にも働く。しかし消去方向の磁化は、 $H_{st}$ によって反転した場合、高温領域5の広範囲にわたって磁壁が形成されるため磁壁エネルギーが大きく上昇する。したがって磁化反転せずに同じ消去方向の磁化を保つ。このため高温領域5においては常に消去方向に磁化配向した領域が生成し、ここがリアマスク5となる。消去磁化が反転した場合のプロット磁壁エネルギーの実効的磁界 $H_{wb}'$ は、反転磁区半径を $R$ とすると(数12)で表される。

【0052】(数12)  $H_{wb}' = \sigma_{wb} / 2M_{s1}R$   
よって消去磁化が $H_{st}$ によって反転しない条件は(数13)となる。

【0053】(数13)  $H_{wb}' > H_{st}$

以上の記録磁区1を容易に反転させて消去状態にする2つの方法— $H_{leak}$ を低減する方法及び $H_{st}$ を食いに大きくする方法—は、どちらか片方の方法のみを用いても良いが、2つの方法を併用する場合に最もよく超解像効果を発揮する。以上のように本発明の光磁気記録媒体を用いれば再生時に外部磁界を印加せずに光スポットの高温領域5で一様な方向に磁化配向させることができ、メモリ層13の磁化を光学的にマスクすることができる。

【0054】以上説明したようなメカニズムにより、本発明の光磁気記録媒体においては最も効率の良い超解像、すなわち情報再生用スポットの中心付近のみが情報再生に寄与するため高い再生信号品質が期待でき、またさらに膜特性を最適化することでフロントマスクが形成でき、隣接トラックからのクロストークにも強い超解像方式が、外部磁界など従来の再生装置に新たな部品を加えることなしに実現できるものである。

【0055】以下に実験例をもって本発明を更に詳細に説明するが、本発明はその要旨を超えない限り以下の実験例に限定されるものではない。

【0056】(実験例1) 直流マグネトロンスパッタリング装置に、Si、Gd、Tb、Fe、Coの各ターゲットを取り付け、直径130mmのガラス基板及びピッチ1.6μmのブリグループ付きポリカーボネイト基板をターゲットからの距離が150mmになる位置に設置された基板ホルダーに固定した後、1x10<sup>-5</sup>Pa以下の高真空になるまでチャンパー内をクライオポンプで真空排気した。真空排気をしながらArガスを0.4Paとなるまでチャンパー内に導入した後、SiN干渉層を90nm、Gd<sub>20</sub>(Fe<sub>80</sub>Co<sub>20</sub>)<sub>100</sub>再生層を40nm、Gd<sub>10</sub>Fe<sub>90</sub>中間層を10nm、Tb<sub>30</sub>(Fe<sub>70</sub>Co<sub>30</sub>)<sub>100</sub>メモリ層を30nm、SiN保護層を70nmを各々順々に成膜して図1の構成の媒体を得た。各SiN誘電体層成膜時には、Arガスに加えてN<sub>2</sub>ガスを導入し、その混合比を調節しながら屈折率が2.1となるように反応性スパッタにより成膜した。Gd<sub>20</sub>(Fe<sub>80</sub>Co<sub>20</sub>)<sub>100</sub>再生層は、室温で希土類元素副格子磁化優勢であり、飽和磁化M<sub>s</sub>は225emu/cc、補償温度は217℃、キュリー温度は300℃以上となる様に設定した。

【0057】Gd<sub>10</sub>Fe<sub>90</sub>中間層は、室温で希土類元素副格子磁化優勢であり、飽和磁化M<sub>s</sub>は470emu/cc、キュリー温度は190℃となる様に設定した。

【0058】Tb<sub>30</sub>(Fe<sub>70</sub>Co<sub>30</sub>)<sub>100</sub>メモリ層は、室温で鉄族元素副格子磁化優勢であり飽和磁化M<sub>s</sub>は250emu/cc、キュリー温度は270℃となる様に設定した。

【0059】この光磁気記録媒体に0.78μmのマーク長の磁区を記録した後、830nmの半導体レーザーにより光照射しながら偏光顕微鏡で磁区観察を行なった。レーザーパワーを上げると、あるレーザーパワーにおいては光スポットの中心部(高温の領域)において記録磁区が収縮して消去方向に磁化が配向することが確認された。

【0060】次にこの光磁気記録媒体を用いて、記録再生特性を測定した。測定は、対物レンズのNA0.53、レーザー波長は780nmの光ヘッドを用い、線速9m/s、記録パワーは10mWとした。最初に媒体の全面を消去した後に、11.3MHzの周波数でレーザを調製して長さ0.40μmのマークを記録しておき、再生パワーを0.8mWから4.4mWまで変化した時のC/Nの変化を測定した。結果を図9に示す。

【0061】本発明の光磁気記録媒体では、再生パワーが1.0mW以下の場合には媒体の温度が十分に上がらないので再生層の磁化はほぼ膜面内を向いている。従ってメモリ層に記録されたマークは再生層にマスクされてしまうためにほとんどC/Nが出ない。再生パワーを2.0~2.8mW程度にまで上げると、再生スポット内に中温領域、すなわちアパーチャが形成されてメモリ層の磁区が再生層に転写されるためにC/Nが上がっていく。この時のアパーチャの形状は、図19に示した従来の面内膜を用いた

2層構成の超解像とほぼ同様となり、超解像現象は起こっているがアパーチャの大きさと位置が最適になっていないために、C/Nとしては36dB程度しか得られない。更に再生パワーを3.2~4.0mWに上げると、スポット内で中間層がキュリー温度に達する部分が現れ、すなわち、リアマスクが形成される。するとアパーチャ形状は図2に示したようにスポットに対して最適な形状となるので、C/Nも45dBが得られた。再生パワーが4.0mWを超えると、最高温度がメモリ層のキュリー温度を超えてしまうために記録データが破壊され、C/Nは下がってしまう。

【0062】次に、同じ媒体に対して記録時のレーザ変調周波数を5.8、9.0、11.3、15MHz(それぞれマーク長0.78、0.50、0.40、0.30μmに相当する)と変化させて、C/Nのマーク長依存性を調べた。結果を図10に示す。図に示すように、本発明の記録媒体では良好な空間周波数特性が得られた。

【0063】次に、隣接トラックとのクロストーク(以下、クロストークと称する)の測定を行なった。これは、ランド、グループともに全面消去を行った後、ランド部に上述の方法でマーク長0.78μmの信号を記録してキャリアレベル(これをCLとする)を測定した後、隣接グループにトラッキングをかけた時のキャリアレベル(これをCGとする)を測定し、それらの比CL/CGとして表した。つまり、ランド、グループの両方にデータ記録することを想定して実験を行っているので、実効的なトラックピッチは0.8μmである。この時の結果を図11に示す。図から明らかなように、この媒体に対して最適な再生パワーである3.2~4.0mWの範囲でクロストークは-28dB程度に抑えられており、本媒体が狭トラックピッチ化に対しても効果があることを示している。

【0064】以上示したデータは全て初期化磁界、再生磁界を印加せずに測定しており、従来の情報記録再生装置と同様の装置で、高密度記録のマークについて良好な結果が得られている。また、最適条件でのC/N及び同じ再生パワーでのクロストークを表1の実験例1にまとめる。

【0065】(実験例2) 実験例1と同様の装置、方法でポリカーボネイト基板上にSiN干渉層を90nm、Gd<sub>20</sub>(Fe<sub>80</sub>Co<sub>20</sub>)<sub>100</sub>再生層を40nm、Gd<sub>10</sub>Fe<sub>90</sub>中間層を10nm、Tb<sub>30</sub>(Fe<sub>70</sub>Co<sub>30</sub>)<sub>100</sub>メモリ層を30nm、SiN保護層を70nmを各々順々に成膜して図1と同様の構成の媒体を作成した。但し、今回は再生層、中間層各々のGd含有量x、pを様々に変化させて、各組成に対する特性の変化を調べた。

【0066】実験例1と同じ条件で各サンプルに長さ0.40μmのマークを記録したときの、再生層中のGd含有量x(at%)とC/Nの関係を図12に示す。例えば中間層のGd含有量p(at%)が30の時のカーブを見てみると、x=30付近で極大値を持つ上に凸のカーブとなっている。これは、x

が小さいと再生層の飽和磁化 $M_s$ が小さくなるので再生層の面内異方性が小さくなり、すなわちメモリ層との交換結合によって磁化が垂直になる温度が低くなるためにフロントマスクの効果が得られ、 $C/N$ が下がると考えられる。逆に $x$ が大きすぎると、フロントマスクが強すぎてアパーチャが十分に開かない内に中間層がキュリー温度に達してしまうため、やはり $C/N$ は悪化する。フロントマスクの効果は、再生層、中間層それぞれの面内異方性のバランス関係で決まり、再生層の面内異方性が弱くなると中間層の面内異方性を強くしなければならぬ。つまり、中間層のGd含有量 $p$ が大きくなると、 $x$ の最適値は小さくなる。したがって、図12に示すように $p$ の変化によって $C/N$ のピーク位置がシフトしていく。後で述べるように、面内磁化膜を使った従来の2層構成の超解像媒体においては、0.40 $\mu$ mのマーク長に対して37dB程度の $C/N$ が得られているので、これと比較すると本発明の媒体により優れた超解像効果が得られていることが分かる。情報再生の高信頼性を確保するためには、 $C/N$ は43dB以上得られることが必要であるので、本発明の超解像媒体における再生層中のGd含有量 $x$ (at%)は、 $24 \leq x \leq 32$ の範囲にあるといえる。また、さらに高い信頼性を確保するために45dB程度の $C/N$ が得られることが望ましく、そのためには $26 \leq x \leq 30$ の範囲に設定することがより望ましい。

【0067】次に、本実験例における各媒体について実験1と同様の方法でクロストークの測定を行った。結果を図13に示す。例えば中間層のGd含有量 $p$ (at%)が30の時のカーブを見てみると、 $x=30$ 付近で極大値を持つ下に凸のカーブとなっている。これは、同じ中間層組成に対して、 $x$ が大きいと再生層の面内異方性が大きすぎてフロントマスクの効果が強すぎ、ランドでのキャリアレベルが上がらないためにグループで再生した時との差が出てくる。逆に $x$ が小さいときはフロントマスクの効果が小さくなってグループ再生時にクロストークの影響を受けやすくなるからである。したがってクロストークに関しても両者のバランスがもっとも取れたところに最適値が存在する。後述のように、TbFeCo単層ディスクに対して同様の実験を行うと-22dB程度のクロストークとなることを鑑みると、 $x \geq 24$ の時に本発明の超解像媒体におけるフロントマスクの効果が現れる。これはすなわち前述の、 $C/N$ の観点から見た、再生層の最適Gd含有量 $x$ (at%)の範囲では、フロントマスクが形成されており、クロストークに対しても効果を発揮するといえる。

【0068】次に、同じデータを中間層Gd含有量 $p$ (at%)に関する依存性の形にして図10、11に示す。

【0069】図14は $C/N$ のデータで、図12と同様に上に凸のカーブとなっている。これは、中間層Gd含有量が少ない場合には面内異方性が小さいと同時にキュリー温度が高くなるので中間層がキュリー温度に達するまで再生パワーを増大させるとスポット中にアパーチャが広が

すぎて解像度が上がらなくなり、逆に中間層Gd含有量が多い場合には低パワーで中間層がキュリー温度に達し、メモリ層との交換結合が十分に行われないうことによる。再生層Gd含有量依存性の場合と同様に、情報再生の高信頼性を確保するために、 $C/N$ は43dB以上得られる範囲を考えると、本発明の光磁気記録媒体による効果が得られるのは $20 \leq p \leq 50$ の範囲にあるといえる。また、さらに高い信頼性のために45dB程度の $C/N$ を確保するためには $30 \leq p \leq 45$ の範囲がより望ましい。

【0070】しかし、図15のクロストークのデータをみると、中間層Gd含有量に対してクロストークは大きく変化していることがわかる。これは中間層Gd含有量が、面内異方性及び再生パワーの双方の低下に影響することから、フロントマスクの効果に対して大きく影響していることによる。図15の結果によると、 $C/N$ 43dB以上が得られている組成で必ずしもクロストークが改善されているわけではなく、TbFeCo単層ディスクで得られる-22dBを基準にすると、 $p \geq 25$ のときにフロントマスクの効果が得られている。

【0071】以上の結果から、本発明の中間層のGd含有量 $p$ (at%)は $25 \leq p \leq 50$ に設定するのがよく、より望ましくは $30 \leq p \leq 45$ にするのがよい。また、本実験例で得られたデータの一部を表1に記す。

【0072】また、本実験例は比較のためにすべてのサンプルで再生層、中間層の膜厚をそれぞれ40nm、10nmとして実験を行ったが、再生層のマスク効果を考えると、再生層膜厚は20nm以上あれば弊し支えない。また中間層はキュリー温度以下で再生層、メモリ層の交換結合を切断する働きから鑑みて、膜厚は3nm以上あればよい。さらにメモリ層は、安定に磁区が保存されるために10nm以上の膜厚が得られれば本発明の効果を実現する媒体が得られる。逆に、情報の記録再生に必要なパワーから見ると、磁性層全体の膜厚は200nm以下に抑えることが望ましい。

【0073】従って、膜厚に関しては以上に述べた範囲にあれば、本発明の思想から逸脱するものではない。

【0074】(実験例3) 実験例1と同様の装置、方法でポリカーボネイト基板上にSiN干渉層を90nm、Gd<sub>100-x</sub>(Fe<sub>100-x</sub>Co<sub>x</sub>)<sub>100-x</sub>再生層を40nm、Gd<sub>100-x</sub>(Fe<sub>100-x</sub>Co<sub>x</sub>)<sub>100-x</sub>中間層を10nm、Tb<sub>20</sub>(Fe<sub>80</sub>Co<sub>20</sub>)<sub>100-x</sub>メモリ層を30nm、SiN保護層を70nmを各々順々に成膜して図1と同様の構成の媒体を作成した。但し、今回は実験例2で得られた再生層、中間層各々のGd含有量 $x, p$ に対して再生層のCo含有量 $y$ (at%)を様々に変化させた。

【0075】GdFeCo合金におけるCo含有量は様々な物性値に影響を与えるが、この場合影響が大きい項目は垂直磁気異方性 $K_u$ 及びキュリー温度 $T_c$ である。本発明における再生層の役割としては、すでに述べたマスク効果のほかに、アパーチャ部分でのカー効果高めるという働きがある。つまり、垂直磁化膜に偏光ビームを照射したと

きに得られるカー回転角は一般的にキュリー温度が高い材料の方が大きく、再生信号の品位が高いので、再生層の組成としてはある程度キュリー温度を高めに設定しておくことが望ましい。GdFeCo合金内でCo量を減らすとキュリー温度は下がる傾向にあるために、再生層にはある程度のCoを添加することが望まれる。本実験例では再生層にGd<sub>1.5</sub>(Fe<sub>88.5</sub>Co<sub>1.5</sub>)<sub>100</sub>を用いた。結果は表1に示すとおり、0.40μmのマークに対しても42dBのC/Nが得られ、本発明の効果があることが確認できた。しかし、再生層のCo含有量を19at%以下にまで減少させると、キュリー温度の低下によりC/Nが39dBまで低下した。

【0076】一方、再生層のCo含有量が多すぎると、垂直磁気異方性の低下により、レーザによって加熱しても再生層が垂直磁化膜に遷移しにくくなり、すなわちメモリ層との交換結合が弱くなるのでC/Nは低下する。再生層にGd<sub>1.5</sub>(Fe<sub>88.5</sub>Co<sub>1.5</sub>)<sub>100</sub>を用いた時の結果を表1に示す。このように、0.40μmのマークに対しても42dBのC/Nが得られた。しかし、再生層のCo含有量を51at%以上にまで増加させると、アパーチャ部分での交換結合が十分に行われないことによりC/Nが38dBまで低下した。

【0077】以上の結果から、本発明における再生層のCo含有量y(at%)は20≦y≦50に設定するのがよい。

【0078】(実験例4) 実験例1と同様の装置、方法でポリカーボネイト基板上にSiN干渉層を90nm、Gd<sub>1.5</sub>(Fe<sub>88.5</sub>Co<sub>1.5</sub>)<sub>100</sub>再生層を40nm、Gd<sub>1.5</sub>(Fe<sub>88.5</sub>Co<sub>1.5</sub>)<sub>100</sub>中間層を10nm、Tb<sub>1.5</sub>(Fe<sub>88.5</sub>Co<sub>1.5</sub>)<sub>100</sub>メモリ層を30nm、SiN保護層を70nmを各々順々に成膜して図1と同様の構成の媒体を作成した。但し、今回は実験例2、3で得られた再生層、中間層各々のGd含有量x、p、Co含有量yに対して中間層のCo含有量q(at%)を様々に変化させた。

【0079】中間層のCo含有量はキュリー温度に関係し、それは媒体に対する再生パワーを決定する重要な要因の一つである。例えば線速が9m/sの時に再生パワーが4mW以上であるとする、パワーマージンの関係からデータの消去に必要なレーザパワーは7mW以上が要求される。さらに光変調記録時はレーザはパルス点灯であるので記録パワーは13mW程度必要となりドライブ装置の信頼性が著しく制限される。従って情報再生時のレーザパワーは4mW以下、望ましくは3mW以下がよい。そのためには中間層のキュリー温度は220℃以下でなければならない。

【0080】表1に示したデータは中間層にGd<sub>1.5</sub>(Fe<sub>88.5</sub>Co<sub>1.5</sub>)<sub>100</sub>を用いた場合である。中間層のCo含有量が20at%の時キュリー温度は220℃となり、信頼性の高い情報再生が可能である。しかし、Co含有量が20at%を超えると再生パワーが高くなり、ドライブ装置の信頼性が著しく損なわれる。

【0081】本実験例では中間層にGdFeCoを用いた場合について説明しているが、キュリー温度だけを考えるならば、耐食性向上の目的でAl、Crなどの非磁性元素を添

加することでキュリー温度が下がるので、Coを20at%以上添加した場合でも非磁性元素の添加により同等のキュリー温度が得られる。しかしこの場合、非磁性元素の添加により全体としての磁性体としての性質が損なわれることになり、かつCoの添加により垂直磁気異方性が下がることになるので、アパーチャ部分でのメモリ層との交換結合が弱くなりS/Nの良い再生信号が得られにくくなる。以上のことから、本発明における中間層はGd<sub>1.5</sub>(Fe<sub>88.5</sub>Co<sub>1.5</sub>)<sub>100</sub>を主成分とし、さらに他の元素を添加した場合であってもCo含有量q(at%)は0≦q≦20に設定するのがよい。

【0082】(実験例5) 次に実験例1と同様の装置、方法でポリカーボネイト基板上にSiN干渉層を90nm、Gd<sub>1.5</sub>(Fe<sub>88.5</sub>Co<sub>1.5</sub>)<sub>100</sub>再生層を40nm、Gd<sub>1.5</sub>(Fe<sub>88.5</sub>Co<sub>1.5</sub>)<sub>100</sub>中間層を10nm、Tb<sub>1.5</sub>(Fe<sub>88.5</sub>Co<sub>1.5</sub>)<sub>100</sub>メモリ層を30nm、SiN保護層を70nmを各々順々に成膜して図1と同様の構成の媒体を作成した。但し、今回は実験例2、3、4で得られた再生層、中間層各々のGd含有量x、p、Co含有量y、qに対してメモリ層のTb含有量a(at%)、Co含有量b(at%)を様々に変化させた。

【0083】図16は、メモリ層のTb含有量a(at%)とC/Nの関係を示している(マーク長0.40μm)。但し、この時のメモリ層のCo含有量b(at%)は、キュリー温度がほぼ270℃で一定になるようにTb含有量に応じて変化させている。

【0084】図からわかるように、C/Nから見たメモリ層の組成マージンは十分に広く、18≦a≦31の範囲でほぼ一定のC/Nが得られている。Tb含有量aが18at%以下になると、飽和磁化が250emu/cc以上(鉄族元素副格子磁化優勢)となるために反磁界の影響が強くなり、磁区の内部でさらに微小な磁区(マイクロドメイン)が形成されたり、磁区の形状に歪みを生じてノイズ成分が増えるためにC/Nが悪化する。逆にTb含有量aが31at%以上になると、飽和磁化が200emu/cc以上(希土類元素副格子磁化優勢)で且つ補償温度が200℃以上となる。この場合、メモリ層の補償温度が中間層のキュリー温度よりも高くなるために、再生層との交換結合が切断された温度でのメモリ層は希土類元素副格子磁化優勢である。すると、メモリ層から再生層に対して働く静磁結合力は低温での交換結合力と同じ向きとなるので、再生層に転写された磁区がリアマスクで反転するのを阻害する方向に働く。したがって超解像効果が次に得られていきC/Nは低下していく。

【0085】図16の結果と、従来の面内磁化膜を使った2層構成の超解像の行える光磁気記録媒体でのデータを比較すると、本発明の光磁気記録媒体による効果が得られるのは14≦a≦33の範囲にあるといえる。また、信頼性向上のために42dB以上のC/Nを確保するためには16≦a≦32の範囲がより望ましい。さらにまた、組成マージンから見て安定したC/Nが得られるためには18≦a≦31

の範囲がより望ましい。

【0086】(実験例6) 次に実験例1と同様の装置、方法でポリカーボネイト基板上にSiN 干渉層を90nm、 $Gd_{10}(Fe_{90-x}Co_x)_{10}$ 再生層を40nm、 $Gd_{10}(Fe_{90-x}Co_x)_{10}$ 中間層を10nm、 $Tb_{10}(Fe_{90-x}Co_x)_{10}$ メモリ層を30nm、SiN 保護層を70nmを各々順々に成膜して図1と同様の構成の媒体を作成した。但し、今回は実験例2、3、4、5で得られた再生層、中間層各々のGd含有量x、p、Co含有量y、q、メモリ層のTb含有量aに対してメモリ層のCo含有量b(at%)を様々なに変化させた。結果の一例を表1に示す。

【0087】メモリ層のCo含有量はキュリー温度に関係し、これはすなわち記録時のレーザパワーを決定する重要なパラメータである。また、媒体上での情報の保存安定性を考えるとメモリ層のキュリー温度はある程度高温である必要がある。これらのことからメモリ層のキュリー温度は180~280℃程度が望ましい。したがって、実験例5で述べたTb含有量の範囲でこのキュリー温度を確保するためには、Co含有量b(at%)は14≦b≦45に設定するのがよい。

【0088】(実験例7) 次に実験例1と同様の装置、方法でポリカーボネイト基板上にSiN 干渉層を90nm、 $Gd_{10}(Fe_{90-x}Co_x)_{10}$ 再生層を40nm、 $Gd_{10}(Fe_{90-x}Co_x)_{10}$ 中間層を10nm、 $Tb_{10}(Fe_{90-x}Co_x)_{10}$ メモリ層を30nm、SiN 保護層を70nmを各々順々に成膜し、さらに熱特性を改善するためにAlの放熱層を60nm成膜して図17に示す構成の媒体を作成した。放熱層を加えることにより、熱特性の繰返し依存性が改善されることはすでに知られており、本発明においても放熱層を追加すると記録、再生パワーの繰返し依存性が改善される。

【0089】この効果は実験例1~6で述べた光変調記録でも得られるが、磁界変調記録方式でも同様の効果が得られる。また磁界変調記録の場合、記録時の媒体の温度分布形状に従って記録マークの形が弓状(いわゆる矢羽マーク)になることが知られており、放熱層をつけた場合にはマークの円弧の部分の曲率が低減されるという効果がある。

【0090】本実験例の媒体に磁界変調記録を行った場合のキャリア、ノイズの記録パワー依存性を図18に示す。このように、本実験例によれば磁界変調記録を行った場合でも微小なマーク(0.40μm)に対しても44dBという良好なC/Nが得られ、本発明の目的である超解像の効果発揮できることがわかった。

【0091】(実験例8) 実験例1と同様の装置、方法でポリカーボネイト基板上にSiN 干渉層を90nm、 $Gd_{10}(Fe_{90-x}Co_x)_{10}$ 再生層を40nm、 $Gd_{10}(Fe_{90-x}Co_x)_{10}$ 中間層を10nm、 $Dy_{10}(Fe_{90-x}Co_x)_{10}$ メモリ層を30nm、SiN 保護層を70nmを各々順々に成膜して図1と同様の構成の媒体を作成した。

【0092】本実験例ではメモリ層としてTbFeCoの代わりにDyFeCoを用いたが、C/N、クロストークともに実験

1とはほぼ同様の良好な結果が得られ、本発明の主旨はTbFeCoメモリ層に限定されないことを確認した。

【0093】次に、本発明の効果をより明確にするため、従来知られていた媒体構成で同様の実験を行い比較を行った。

【0094】(比較実験例1) 実験例1と同様の装置、方法でポリカーボネイト基板上にSiN 干渉層を90nm、 $Tb_{10}(Fe_{90-x}Co_x)_{10}$ メモリ層を80nm、SiN 保護層を70nmを各々順々に成膜した。つまり、実験例1で用いたメモリ層のみを磁性層とした単層ディスクを作成した。まず、本実験例で作成した媒体にマーク長0.40μmのマークを記録し、キャリア、ノイズの再生パワー依存性を測定した。結果を図9に示す。このように、再生パワーの増加に従ってキャリアレベルは増加していくものの、本発明の媒体で見られたようなマスク効果が得られないために傾斜は緩やかである。

【0095】次に本実験例の媒体に様々な大きさのマークを記録して、空間周波数特性を測定した。結果は図10に示すように、マーク長が0.78μmと大きいときには十分なC/Nが得られているのに対し、光学系のカットオフ周波数を超えると急激に解像力が低下していくことがわかる。

【0096】また、クロストークの測定でも、実効的トラックピッチ0.8μmでは再生スポットに対して狭い上に、単層ディスクの場合にはマスク効果がないために、図11に示すように-22dB程度のクロストークしか得られなかった。

【0097】(比較実験例2) 実験例1と同様の装置、方法でポリカーボネイト基板上にSiN 干渉層を90nm、 $Gd_{10}(Fe_{90-x}Co_x)_{10}$ 再生層を70nm、 $Tb_{10}(Fe_{90-x}Co_x)_{10}$ メモリ層を30nm、SiN 保護層を70nmを各々順々に成膜して図19と同様の構成の媒体を作成した。

【0098】まず、本実験例で作成した媒体にマーク長0.40μmのマークを記録し、キャリア、ノイズの再生パワー依存性を測定した。結果を図9に示す。このように、本実験例の媒体でも低温で面内磁化膜を用いることによる超解像効果があるので、再生パワーが0.8~2.8mWの範囲では実験例1の媒体と同様にキャリアレベルが増加していく。しかし、本実験例の2層構成超解像媒体では、さらに再生パワーを3mW以上に増加してもリアマスクが出現することはないので、実験例1の媒体のような急激なキャリアの増加は見られない。

【0099】次に本実験例の媒体に様々な大きさのマークを記録して、空間周波数特性を測定した。結果は図10に示すように、単層ディスクに比べると高周波域での解像度は上がっているものの、リアマスクの効果がなく又アパーチャとスポットとの位置関係が最適になっていないために、実験例1のディスクに比べると解像力は劣っている。

【0100】しかし、クロストークに関しては、フロン

トマスクが大きく影響しリアマスクは関係しない。したがって、図11に示すように実験例1の媒体と同等の-30dB程度のクロストークが得られた。

\* [0101]  
[表1]

	再生層 Gd <sub>2</sub> (Fe <sub>0.9</sub> Co <sub>0.1</sub> ) <sub>100</sub>			中間層 Gd <sub>2</sub> (Fe <sub>0.9</sub> Co <sub>0.1</sub> Cr <sub>0.1</sub> ) <sub>100</sub>			メモリ層 Tb <sub>2</sub> (Fe <sub>0.9</sub> Co <sub>0.1</sub> ) <sub>100</sub>			C/N				ノイズ
	x (at %)	y (at %)	膜厚 (nm)	p (at %)	q (at %)	r (at %)	膜厚 (nm)	z (at %)	b (at %)	膜厚 (nm)	0.78um (dB)	0.40um (dB)	0.30um (dB)	0.78um (dB)
実験例1	28	40	40	37	0	0	10	20	20	30	50	45	39	28
実験例2	24	40	40	45	0	10	10	20	20	30	49	42	34	-31
	32	40	40	25	0	0	0	20	20	30	49	43	35	-28
実験例3	24	20	40	45	0	10	10	20	20	30	48	41	32	-20
	32	50	40	25	0	0	10	20	20	30	48	42	34	-28
実験例4	32	40	40	45	20	0	10	20	20	30	48	43	35	-29
実験例5	28	40	40	37	0	0	10	18	18	30	50	45	39	-28
	29	40	40	37	3	0	10	31	45	30	49	44	39	-30
実験例6	28	40	40	37	0	0	10	18	14	30	49	44	39	-28
比較実験例1	-	-	-	-	-	-	-	20	20	80	49	28	9	-22
比較実験例2	28	40	70	-	-	-	-	20	20	30	50	36	28	-31

[0102]

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明の光磁気記録媒体及び該媒体の情報再生方法を用いれば、再生磁界および/または初期化磁界が不要である簡単な装置（従来と同様の装置）を用いて、ビームスポット系より小さい磁区の再生が可能で、線記録密度もしくは線密度とトラック密度の両方を大幅に向上して高密度記録の達成が可能となった。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例の構成図。

【図2】本発明における超解像のメカニズムを説明する図。

【図3】本発明の第一磁性層の飽和磁化曲線を示す図。

【図4】本発明の第三磁性層の飽和磁化曲線を示す図。

【図5】(a) (b) (c)は本発明の光磁気記録媒体の再生時の状態を示す図。

【図6】再生層に転写された記録磁区にかかる静磁界H<sub>leak</sub>、H<sub>st</sub>及びプロット磁壁エネルギーによる実効的磁界H<sub>wh</sub>を示した図。

【図7】(a)はアンチパラレルタイプの層構成について各々交換結合力及び静磁結合力が支配的に作用する場合に安定な磁化の向きを示した図、(b)はパラレルタイプの層構成について各々交換結合力、静磁結合力が支配的に作用する場合に安定な磁化の向きを示した図。

【図8】(a) (b) (c)は磁化の温度変化を補償温度の異なるGdFeCoについて示した図。

【図9】キャリア、ノイズの再生パワー依存性を示す図。

【図10】C/Nのマーク長依存性を示す図。

【図11】クロストークの再生パワー依存性を示す図。

【図12】本発明におけるC/Nの再生層Gd含有量依存性を示す図。

【図13】本発明におけるクロストークの再生層Gd含有量依存性を示す図。

【図14】本発明におけるC/Nの中間層Gd含有量依存性を示す図。

【図15】本発明におけるクロストークの中間層Gd含有量依存性を示す図。

【図16】本発明におけるC/Nのメモリ層Tb含有量依存性を示す図。

【図17】本発明の他の実施例の構成図。

【図18】本発明の媒体に磁界変調記録を行ったときのキャリア、ノイズの記録パワー依存性を示す図。

【図19】(a) (b) (c)は従来の面内磁化膜を用いた2層構成超解像の原理図。

【図20】従来の面内磁化膜を用いた2層構成超解像の一磁性層の静特性を示す図。

【図21】(a) (b) (c)は従来の垂直磁化膜を用いた3層構成超解像の原理図。

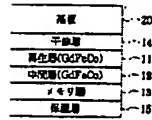
【符号の説明】

- 1 記録マーク
- 2 再生スポット
- 3 アパーチャ
- 4 フロントマスク
- 5 リアマスク
- 6 グループ
- 7 ランド
- 50 11 再生層

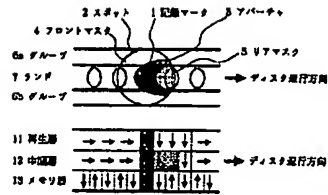
12 中間層  
13 メモリ層  
14 干渉層

15 保護層  
16 放熱層  
20 基板

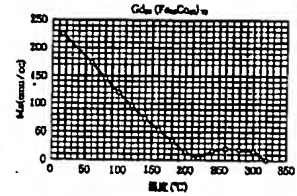
【図1】



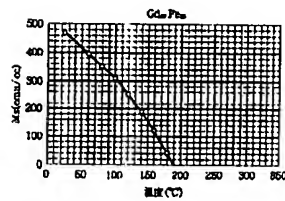
【図2】



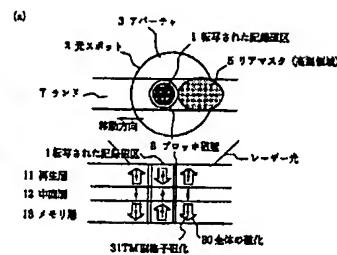
【図3】



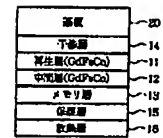
【図4】



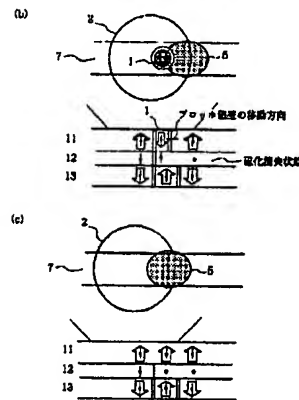
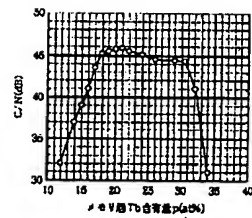
【図5】



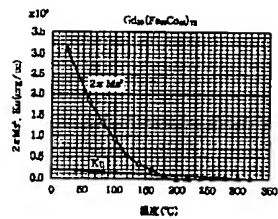
【図17】



【図16】

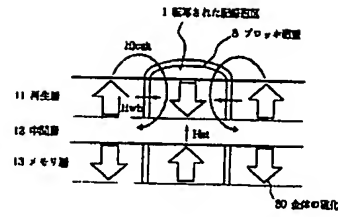


【図20】

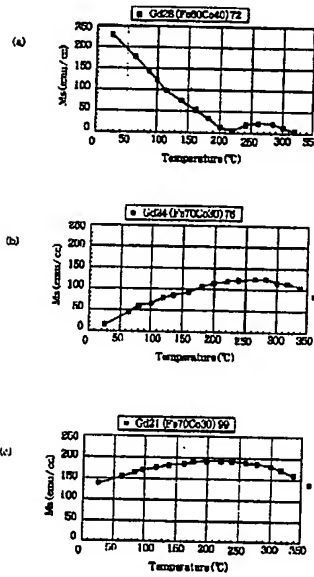




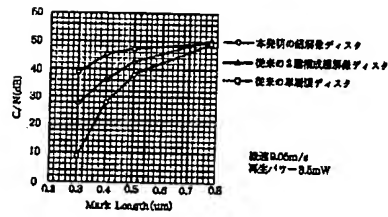
【図6】



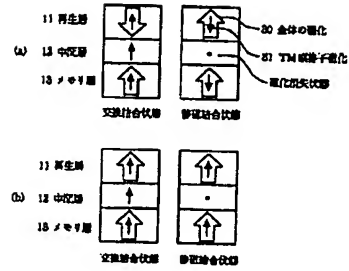
【図8】



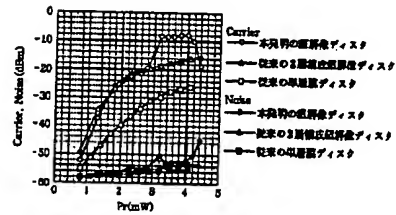
【図10】



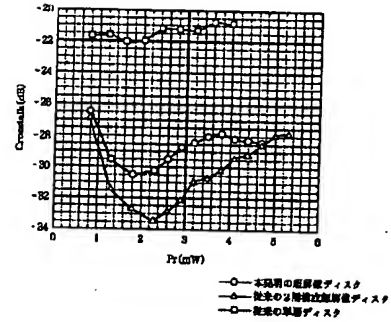
【図7】



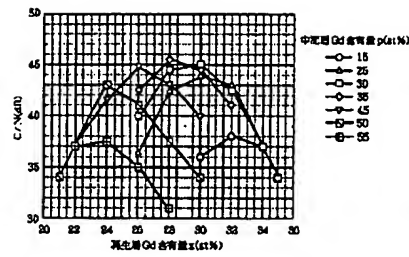
【図9】



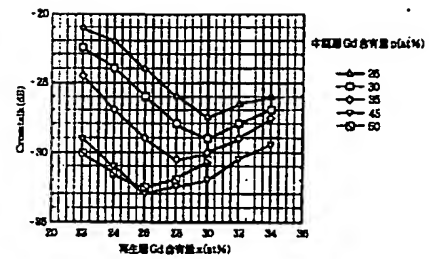
【図11】



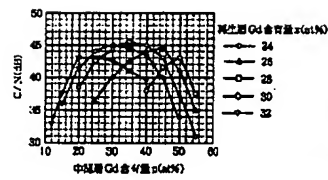
【図12】



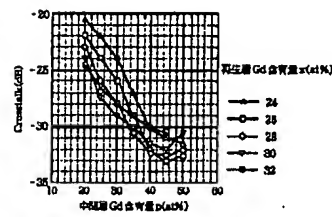
【図13】



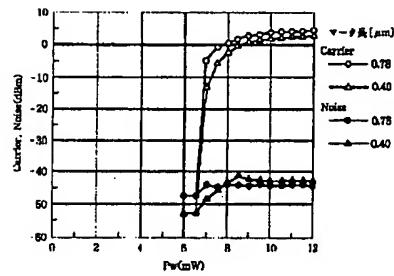
【図14】



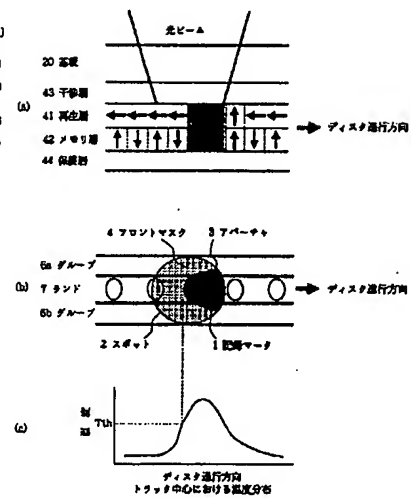
【図15】



【図18】



【図19】



【図21】

